

Obtenção de Híbridos Intra-específicos de Forrageiras Apomíticas Tropicais: Estratégia de Melhoramento Genético para *Panicum maximum*

Rosangela Maria Simeão Resende¹
Liana Jank²
Cacilda Borges do Valle³
Ana Lídia Variani Bonato⁴

O principal método de melhoramento de forrageiras tropicais ainda consiste na avaliação e seleção em ecótipos naturais, explorando a variabilidade contida em acessos introduzidos de seu ambiente de origem, principalmente das savanas da África (Hacker & Jank, 1998; Valle et al., 2001). Tal procedimento vem sendo realizado com sucesso em gramíneas forrageiras como *Panicum maximum* Jacq. e várias espécies de *Brachiaria*, base da produção de bovinos no Brasil. Para tais espécies, a seleção de ecótipos naturais e sua utilização como cultivares é facilitada em função da ocorrência de apomixia, ou seja, reprodução assexual por meio de sementes.

A apomixia apresenta grandes vantagens para o melhoramento em curto prazo, em termos de fixação de genótipos superiores, simplificação e redução dos custos de obtenção de sementes (Savidan et al., 1989). Em longo prazo, entretanto, o prosseguimento de programas de melhoramento de gramíneas predominantemente apomíticas, como *P. maximum*, passa, necessariamente, pela realização de cruzamentos. Estes são realizados entre indivíduos apomíticos e sexuais, com a geração de progênie híbrida

segregante para todos os caracteres, inclusive para o modo de reprodução, e têm múltiplas funções, tais como: ampliar a variabilidade genética para seleção, explorar a heterose e possibilitar o ganho com seleção concomitante em vários caracteres de importância associados à produção animal.

Por se tratar de uma espécie perene, *P. maximum* deve ter seu melhoramento genético bastante diferenciado do melhoramento de culturas anuais, em termos metodológicos. Dentre esses aspectos, citam-se: expressão dos caracteres ao longo de várias idades; reprodução sexuada, propagação vegetativa e por apomixia e sobreposição de gerações. O último é importante na estratégia de obtenção de híbridos. Os principais reflexos desses fatores no melhoramento são (adaptado de Resende, 2002):

- Utilização dos indivíduos selecionados durante vários anos, fato que demanda muito rigor e precisão nos métodos de seleção.
- Uso de avaliações repetidas em cada indivíduo (cortes nas águas e seca).

¹ Bióloga, D.Sc., CRBio N° 17.718-03D 3ª Região, Embrapa Gado de Corte, Rodovia BR 262, Km 4, Caixa Postal 154, CEP 79002-970 Campo Grande, MS. Correio eletrônico: rosangela@cnpqc.embrapa.br

² Engenheira-Agrônoma, Ph.D., CREA N° 100.219/D-Visto 2.733/MS, Embrapa Gado de Corte. Correio eletrônico: liana@cnpqc.embrapa.br
³ D-Visto 1.542/MS, Embrapa Gado de Corte. Correio eletrônico: cacilda@cnpqc.embrapa.br
⁴, Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, Km 174, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Correio

- Seleção envolvendo comparações de indivíduos de diferentes gerações.
- Seleção também para efeitos não aditivos, considerando a possibilidade de clonagem de indivíduos por meio da apomixia.
- Seleção de indivíduos em detrimento da unidade de seleção "média de grupos de indivíduos".
- Possibilidade de geração de dados desbalanceados na experimentação.

Em *P. maximum*, grande parte dos acessos disponíveis são apomíticos e autotetraplóides (Savidan et al., 1989). As plantas sexuais no centro de origem são raras e, em sua maioria, diplóides, e devem ter seus cromossomos duplicados artificialmente para possibilitar o cruzamento com indivíduos apomíticos (fornecedores de pólen), a fim de gerar descendentes viáveis e férteis. Procedimentos de melhoramento para *P. maximum*, baseados em cruzamentos entre indivíduos sexuais e apomíticos, foram propostos inicialmente por Smith (1975) e implementados por Savidan et al. (1989).

O modo de herança da apomixia é monogênico (Savidan, 1983), obtendo-se uma proporção de 1:1 para o modo de reprodução na descendência desses cruzamentos. Desta forma, é possível que, a cada geração, sejam selecionados os indivíduos para compor a população de cruzamento da geração seguinte, até que seja atingido o objetivo do programa de melhoramento.

Em função da autotetraploidia, as progênies híbridas de *P. maximum* devem ser avaliadas utilizando modelos genéticos modificados em relação àqueles aplicados em espécies diplóides e alopoliplóides, segundo Wricke & Weber (1986) e Gallais (1989a), uma vez que nos primeiros há a possibilidade de interação de mais de dois alelos *in loco*. Isso implica que a variância genética aditiva e a herdabilidade individual, no sentido restrito, não podem ser estimadas apenas com base na avaliação de progênies de meios-irmãos ou de genitores e filhos, uma vez que, em autotetraplóides, essas relações de parentesco contemplam também frações da variância genética de dominância (Gallais, 1989). Para estimar essa variância é necessária a avaliação concomitante de progênies de irmãos completos.

A avaliação genética dos candidatos à seleção, no caso de genitores e híbridos, deve basear-se na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos, obtidos da maneira mais acurada possível, preferencialmente por meio do emprego da metodologia de modelos mistos (Resende, 2002).

Com base nesses precedentes foram estimados parâmetros genéticos e fenotípicos, preditos os valores genéticos e genotípicos de candidatos à seleção resultantes do cruza-

mento intra-específico em *P. maximum* e predito o desempenho da progênie híbrida de cruzamentos realizados e não realizados. De posse dessas predições, serão propostos a adoção de procedimentos de seleção e o delineamento de estratégias de melhoramento genético para a espécie.

A Embrapa Gado de Corte trabalha com o melhoramento genético de *P. maximum* desde 1982, ano em que houve a introdução de acessos apomíticos e de plantas sexuais coletados pelo Institut de Recherche pour le Développement – IRD⁵ (Savidan et al., 1989; Jank et al., 2001). Cruzamentos artificiais, com geração de híbridos viáveis, vêm sendo realizados ao longo das duas últimas décadas. Dentro desse programa, Jank et al. (2001) avaliaram, agronomicamente, 79 híbridos oriundos de cruzamentos entre indivíduos apomíticos e sexuais, os quais foram agrupados e selecionados pelo desempenho.

Na obtenção dos 79 híbridos foram cruzados artificialmente cinco acessos apomíticos (genitores masculinos), previamente selecionados entre 156 acessos do germoplasma avaliados agronomicamente (Jank et al., 1989) e três plantas sexuais (genitores femininos) obtidas a partir de plantas sexuais diplóides que tiveram seus cromossomos duplicados e selecionadas com base na avaliação fenotípica para vigor e caracteres foliares. Os híbridos foram avaliados em um teste clonal durante três anos, com início em 1997. Foram realizadas cinco avaliações anuais para os caracteres produção de matéria verde – PMV –, produção de matéria seca total – MSTOT – e produção de matéria seca foliar – MSF –, avaliados em quilogramas, e porcentagem de folhas – PF –, para o total das parcelas.

Na análise dos dados foi empregado o procedimento de máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada – REML/BLUP. Os dados foram analisados via metodologia de modelos mistos, empregando o programa DFREML versão 3.0 β (Meyer, 1998).

As predições do valor genotípico da descendência dos cruzamentos realizados, do comportamento da progênie híbrida, tanto para os cruzamentos realizados quanto para os não realizados, dos valores genéticos aditivos dos genitores e dos híbridos e dos valores genotípicos dos híbridos avaliados foram obtidos conforme Resende (2002).

Com os resultados das análises foi possível ampliar o conhecimento sobre o modo de herança dos caracteres quantitativos avaliados e de grande importância para fins de seleção para produtividade em *P. maximum*, para os quais se evidenciou herdabilidade individual no sentido restrito de baixa magnitude (Tabela 1). Esses resultados reforçam evidências de que caracteres relacionados com o rendimento

⁵ Anteriormente denominado Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération – ORSTOM.

em forrageiras perenes são, geralmente, de baixa herdabilidade (Gallais, 1992; Casler et al., 1998). Na prática, isso significa que métodos mais elaborados de seleção devem ser empregados no melhoramento genético intrapopulacional para produtividade, como os que se baseiam em informações de família.

Tabela 1. Parâmetros genéticos estimados para as variáveis peso de matéria verde – PMV –, matéria seca total – MSTOT –, matéria seca foliar – MSF – e porcentagem de folhas – PF –, avaliados durante três anos em *Panicum maximum*.

| Parâmetro | PMV | MSTOT | MSF | PF |
|--------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| h_a^2 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,10 |
| h_g^2 | 0,20 | 0,14 | 0,16 | 0,13 |
| ρ | 0,21 | 0,15 | 0,18 | 0,13 |
| μ | 55,04±1,75 | 9,84±0,21 | 8,06±0,18 | 67,60±0,41 |
| ρ (2 anos) | - | - | 0,64 | - |
| ρ (3 anos) | - | - | 0,77 | - |
| ρ (4 anos) ⁽¹⁾ | - | - | 0,81 | - |
| ρ (5 anos) ⁽¹⁾ | - | - | 0,85 | - |

h_a^2 = herdabilidade individual no sentido restrito

h_g^2 = herdabilidade individual no sentido amplo

ρ = repetibilidade

μ = média geral ± desvio-padrão

⁽¹⁾ obtido por simulação

As diferenças em magnitude das estimativas de herdabilidade, no sentido restrito e amplo, indicam a existência de efeitos de dominância para todos os caracteres avaliados. Esse resultado permite delinear estratégias de melhoramento visando a explorar a heterose no melhoramento de *P. maximum*. A adoção de esquemas de seleção recorrente recíproca é a estratégia mais indicada para essa espécie.

Como não é possível a recombinação na população apomítica, sugere-se o melhoramento da população sexual em função da apomítica, ou seja, dos indivíduos apomíticos em cruzamento. A recombinação, nesse esquema, ocorrerá apenas na população sexual (Fig. 1).

Esse procedimento permitirá conciliar a rápida obtenção de cultivares melhoradas em curto prazo, principalmente por meio da exploração da apomixia em híbridos superiores gerados, com o melhoramento em longo prazo.

A realização de medidas repetidas é prática comum e necessária no melhoramento de forrageiras perenes e permite a estimação do parâmetro repetibilidade, o qual tem importância fundamental na predição de valores genéticos, genotípicos e fenotípicos, além de aumentar a eficiência seletiva.

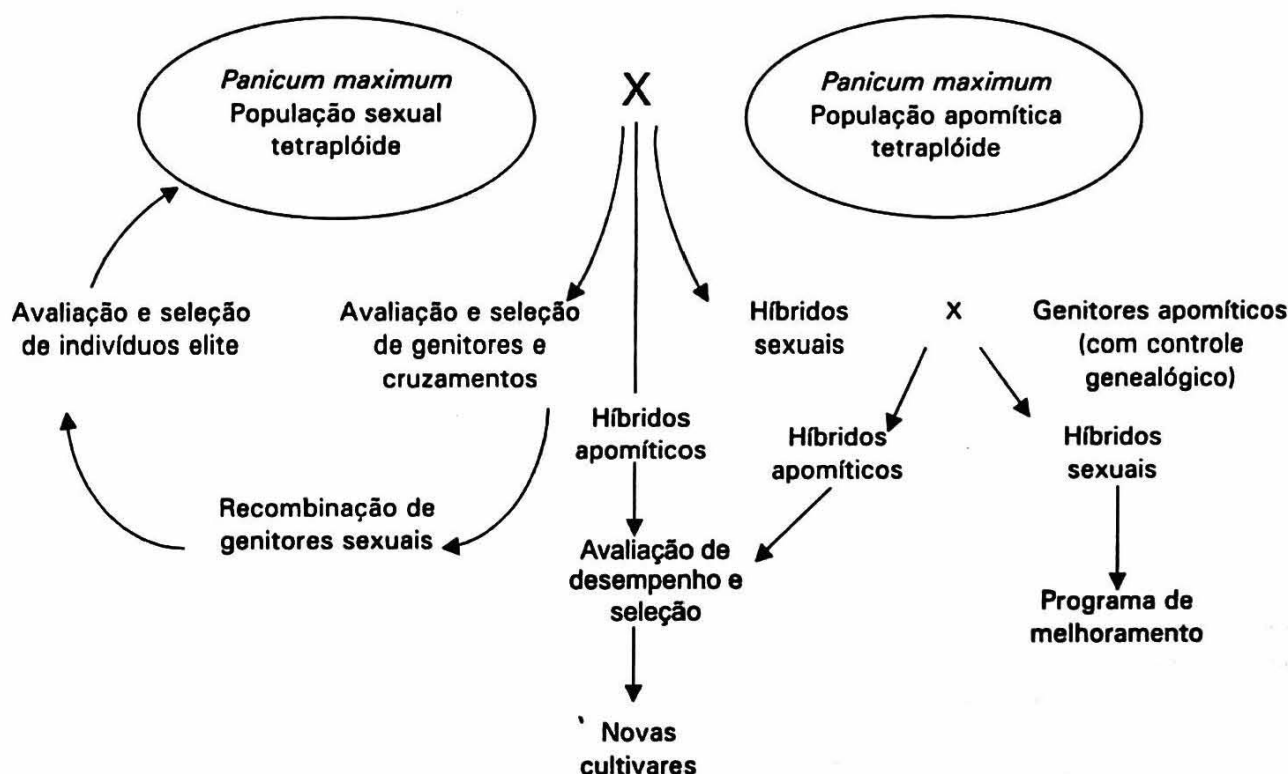


Fig. 1. Esquema dos procedimentos de seleção a fim de obter cultivares de *Panicum maximum* por meio de hibridação interpopulacional.

A repetibilidade, para todos os caracteres avaliados em *P. maximum*, apresentou baixa magnitude na medição por indivíduo (Tabela 1).

Para o caráter MSF foram estimadas as repetibilidades anuais e, também, para dois, três, quatro e cinco anos de medições, as duas últimas na forma de simulação (Tabela 1). Com base nos resultados pode-se inferir que a avaliação por mais de três anos consecutivos não aumentará significativamente a eficiência da seleção e, ainda, reduzirá o ganho com seleção por ciclo, desta forma, indica-se para esse caráter a avaliação por no máximo três anos.

Os valores de herdabilidade individual, no sentido amplo, e repetibilidade foram bastante próximos para os caracteres avaliados, indicando que o componente ambiental permanente não é muito representativo em *P. maximum*.

Essa informação é bastante importante, pois indica que apenas baseados no uso da repetibilidade, como regressor do valor fenotípico, será possível uma boa aproximação do valor genotípico dos indivíduos candidatos à seleção clonal, ou seja, dos indivíduos apomíticos candidatos à cultivar.

Valores genéticos e genotípicos preditos e proposta de estratégia de melhoramento por meio da obtenção de híbridos em *Panicum maximum*

A ordem dos indivíduos para o valor genético aditivo diferiu da ordem para o valor genotípico, implicando seleção de diferentes indivíduos para clonagem e para realização de um programa de melhoramento em longo prazo (Tabela 2).

Diferentes estratégias de seleção podem ser delineadas considerando o modo de reprodução de cada híbrido, se por apomixia ou sexual (Fig. 1). Os híbridos sexuais devem ser selecionados com base no valor genético aditivo e incorporados ao programa de melhoramento. A partir da incorporação desses indivíduos, maior rigor deve ser adotado no controle da genealogia, a qual é considerada pelo método REML, por meio da matriz de parentesco, eliminando-se o vício por causa dos efeitos da seleção (Resende, 2002).

Para obtenção de ganho com seleção em curto prazo, os híbridos apomíticos devem ser ordenados com base no seu valor genotípico. Cada híbrido apomítico selecionado é um candidato à cultivar e pode passar para as etapas subsequentes de avaliação. Evidenciou-se que, para o caráter produção de matéria seca foliar, a seleção de apenas um indivíduo, sendo este apomítico, conduziria a um ganho por seleção de aproximadamente 55%, em relação à média geral para o caráter no experimento ($m = 8,056$ t/ha). A seleção dos dez híbridos mais produtivos resultaria em um ganho de 32%. Desta forma, mesmo que apenas parte desses híbridos seja apomítico, há ganho com a seleção.

Tabela 2. Modo de reprodução, valor genético e valor genotípico predito para os 10 melhores híbridos e os valores genéticos dos genitores considerando o caráter produção de matéria seca foliar (t/ha), em *Panicum maximum*.

| Indivíduo | Modo de reprodução | Valor genético | Valor genotípico |
|---------------------------------------|--------------------|----------------|------------------|
| T74 | Apomixia | 8,80 | - |
| S10 | Sexual | 8,22 | - |
| KK10 | Apomixia | 8,62 | - |
| S8 | Sexual | 8,62 | - |
| T72 | Apomixia | 7,67 | - |
| T60 | Apomixia | 7,61 | - |
| T110 | Apomixia | 7,65 | - |
| S12 | Sexual | 7,41 | - |
| Híbrido 1 (S10 x T110) ⁽¹⁾ | ND ⁽²⁾ | 7,59 | 12,46 |
| Híbrido 2 (S10 x T74) | ND | 9,07 | 11,85 |
| Híbrido 3 (S10 x T110) | Apomixia | 7,60 | 11,43 |
| Híbrido 4 (S10 x T74) | ND | 8,63 | 10,65 |
| Híbrido 5 (S10 x T74) | Apomixia | 8,56 | 10,42 |
| Híbrido 6 (S8 x KK10) | Apomixia | 8,44 | 10,23 |
| Híbrido 7 (S8 x KK10) | Apomixia | 9,08 | 9,98 |
| Híbrido 8 (S10 x T110) | Sexual | 7,42 | 9,92 |
| Híbrido 9 (S10 x T74) | ND | 9,07 | 9,90 |
| Híbrido 10 (S8 x KK10) | ND | 8,69 | 9,76 |

⁽¹⁾ Genitores entre parênteses

⁽²⁾ Não determinado

A Tabela 3 apresenta os valores genotípicos preditos para a descendência dos cruzamentos realizados (VGD) e a predição do comportamento da progênie híbrida (PC) com base nos efeitos genéticos dos genitores. Dos cruzamentos realizados, o que resultou em uma progênie com melhor desempenho foi S10 x T74 e o com pior desempenho foi S12 x T60.

Tabela 3. Predição da produção da progênie híbrida – PC – de cruzamentos realizados e não realizados e valores genotípicos preditos da descendência dos cruzamentos realizados – VGD –, em *Panicum maximum*, para o caráter produção de matéria seca foliar (t/ha).

| Genitores | PC | VGD |
|------------|------|------|
| S10 x T74 | 8,51 | 9,50 |
| S8 x KK10 | 8,62 | 9,33 |
| S10 x T110 | 7,94 | 8,49 |
| S10 x T60 | 7,91 | 7,21 |
| S12 x T72 | 7,54 | 7,85 |
| S12 x T110 | 7,53 | 5,51 |
| S12 x T60 | 7,51 | 7,55 |
| S10 x KK10 | 8,42 | * |
| S10 x T72 | 7,95 | * |
| S12 x T74 | 8,11 | * |
| S12 x KK10 | 8,02 | * |
| S8 x T74 | 8,71 | * |
| S8 x T110 | 8,14 | * |
| S8 x T72 | 8,15 | * |
| S8 x T60 | 8,12 | * |

* Cruzamentos projetados

Considerando-se apenas os valores preditos para o comportamento da progênie híbrida, verificou-se que o melhor cruzamento não foi realizado. Especificamente na predição dos cruzamentos não realizados, evidenciou-se que dois deles (S10 x KK10 e S8 x T74) apresentaram grande potencial na geração de progênies superiores e deveriam ser implementados.

Com base nesses resultados, pode-se empregar uma estratégia para geração de indivíduos superiores, apenas ampliando-se significativamente o tamanho da progênie desses cruzamentos. Com isso aumenta-se a probabilidade de obtenção e seleção de combinações genotípicas superiores e explora o limite superior da capacidade específica de combinação por meio da seleção do melhor genótipo possível dentro do melhor cruzamento. Essa estratégia, bem fundamentada, promoverá ganhos com seleção em curto prazo, por meio da obtenção de um grande número de indivíduos para as etapas seguintes de avaliação.

Referências bibliográficas

- CASLER, M. D.; GREUB, L. J.; CARLSON, S. K.; COLLINS, M. Genetic variation and selection for shoot and rhizome growth traits in a naturalized quackgrass population. *Crop Science*, Madison, v. 38, p. 1697-1703, 1998.
- GALLAIS, A. *Theorie de la selection en amélioration des plantes*. Paris: Masson, 1989. 588 p.
- GALLAIS, A. Analysis of variance components of testcrosses progenies in autotetraploid species and consequences for recurrent selection with a tester. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.83, p. 353-359, 1992.
- HACKER, B.; JANK, L. Breeding tropical and subtropical grasses. In: CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. (Ed.). *Grass for dairy cattle*. Oxon: CABI, 1998. p. 49-71.
- JANK, L.; SAVIDAN, Y. H.; COSTA, J. C. G.; VALLE, C. B. Pasture diversification through selection of new *Panicum maximum* cultivars in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. *Proceedings...* Nice: Association Française pour la Production Fourragère, 1989. p. 275-276.
- JANK, L.; VALLE, C. B.; CARVALHO, J.; CALIXTO, S. Evaluation of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq) hybrids in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. *Proceedings...* FEALQ: Piracicaba, 2001. p. 498-499.
- MEYER, K. DFREML: version 3.0β user notes. Edinburgh: Institute of Animal Genetics of Edinburgh-Scotland/Animal Genetics and Breeding Unit of the University of New England, 1998. 31 p.
- RESENDE, M. D. V. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; COSTA, J. C. G.; VALLE, C. B. Breeding *Panicum maximum* in Brazil: I. Genetic resources, modes of reproduction and breeding procedures. *Euphytica*, Wageningen, v. 41, p. 107-112, 1989.
- SAVIDAN, Y. H. Genetics and utilization of apomixis for the improvement of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1981, Lexington. *Proceedings...* Westview: Boulder, 1983. p. 182-184.
- SMITH, R. L. Breeding *Panicum maximum* Jacq. *Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida*, Belle Glade, v. 12, p. 624-627, 1975.
- VALLE, C. B.; PEREIRA, A. V.; JANK, L. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão : Universidade Federal de Goiás : Agência Rural, 2001. CD-ROM.
- WRICKE, G.; WEBER, W. E. *Quantitative genetics and selection in plant breeding*. Berlin: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

Comunicado Técnico, 87

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Gado de Corte
Endereço: Rodovia BR 262, km 4, Caixa Postal 154
79002-970 Campo Grande, MS
Fone: (67) 368 2083
Fax: (67) 368 2180
E-mail: publicacoes@cnpqc.embrapa.br



1ª edição
1ª Impressão (2004): 500 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Ivo Martins Cezar
Secretário-Executivo: Mariana de Aragão Pereira
Membros: Antônio do Nascimento Rosa, Amílido Pott, Cacilda Borges do Valle, Eclia Caroline N. Z. Lima, Lúcia Gatto, Maria Antonia M. de U. Cintra, Mariana de Aragão Pereira, Rodney de Arruda Mauro, Tâmisson Waldow de Souza

Expediente

Supervisor editorial: Eclia Caroline N. Z. Lima
Revisão de texto: Lúcia Helena Paula do Canto
Editoração eletrônica: Eclia Caroline N. Z. Lima